



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 195 27 334 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**B 62 D 6/00**  
// B62D 111:00,  
153:00,101:00,113:00,  
117:00

(21) Aktenzeichen: 195 27 334.6  
(22) Anmeldetag: 26. 7. 95  
(23) Offenlegungstag: 1. 2. 96

**DE 195 27 334 A 1**

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

27.07.94 JP 6-196065

(71) Anmelder:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

H. Weickmann und Kollegen, 81679 München

(72) Erfinder:

Yamamoto, Yorihisa, Wako, Saitama, JP; Nishi, Yutaka, Wako, Saitama, JP; Nishimori, Takashi, Wako, Saitama, JP; Tokunaga, Hiroyuki, Wako, Saitama, JP; Machino, Hideki, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Fahrzeug-Lenksteuersystem

(57) In einem Fahrzeug-Lenksteuersystem wird auf lenkbare Räder ein Stellidrehmoment gemäß einem Lenkdrehmoment ausgeübt, welches in herkömmlicher Art und Weise auf ein Lenkrad ausgeübt wird, und ein zusätzliches Stellidrehmoment wird auf das Lenkrad durch einen Elektromotor gemäß den die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zuständen des Fahrzeugs ausgeübt, um die Seitenstabilität des Fahrzeugs selbst bei Vorhandensein äußerer Störungen, wie Seitenwind, zu steuern. Derartige äußere Störungen werden als die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierender Zustand des Fahrzeugs, beispielsweise als die Gierrate des Fahrzeugs, erfaßt und das Lenksteuersystem erzeugt eine Lenkreaktion, die einem derartigen, die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zustand durch Ausüben des zusätzlichen Stellidrehmoments auf die lenkbaren Räder entgegenwirkt, so daß das Fahrzeug trotz dieser äußeren Störungen einen geraden Kurs beibehalten kann, ohne eine absichtliche Krafteinwirkung durch den Fahrer zu erfordern. Insbesondere kann das Führen des Fahrzeugs durch Unterdrücken des zusätzlichen Stellidrehmoments in einem Untersteuerungszustand verbessert werden.

**DE 195 27 334 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 95 508 065/579

13/29

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Fahrzeug-Lenksteuersystem und insbesondere ein Lenksteuersystem, das ein Lenkdrehmoment erzeugen kann, welches das unerwünschte Verhalten des Fahrzeugs zu steuern neigt, wenn das Fahrzeug Seitenwind oder anderen äußeren Störungen unterworfen ist.

Lenksysteme sind herkömmlich bekannt, und gemäß dem in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 50-33584 offenbarten Servolenksystem wird die auf ein Lenkrad ausgeübte Lenkkraft bzw. das auf ein Lenkrad ausgeübte Lenkdrehmoment durch ein Ausgangsdrehmoment eines Elektromotors unterstützt. Der Verstärkungsfaktor des Systems für das Signal, welches durch Erfassen des vom Fahrer auf das Lenkrad ausgeübten Lenkdrehmoments erhalten wird, wird gemäß der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Fahrbahnzustand verändert, und das Ausgangsdrehmoment des unterstützenden Elektromotors wird demgemäß derart geändert, daß jederzeit das optimale, die Vorderräder tatsächlich lenkende Stelldrehmoment erhalten werden kann.

Wenn das Fahrzeug bei Geradeausfahrt abrupt starkem Seitenwind unterworfen wird, kann das Fahrzeug von dem beabsichtigten geraden Fahrweg abweichen. In diesem Fall ist es erforderlich, auf die lenkbaren Räder eine Gegenkraft auszuüben, um diesen Störungen entgegenzuwirken. Gemäß einem derartigen herkömmlichen Servolenksystem kann der Elektromotor jedoch beispielsweise dann, wenn das Fahrzeug infolge von Seitenwind begonnen hat, von dem beabsichtigten Weg abzuweichen, kein Korrektur-Stelldrehmoment erzeugen, es sei denn, daß der Fahrer absichtlich eine Korrekturaktion vornimmt, da der Elektromotor nur dann ein Stelldrehmoment erzeugen kann, wenn der Fahrer auf das Lenkrad ein Lenkdrehmoment ausübt.

Zur Steuerung der Abweichung des Fahrzeugs von dem beabsichtigten geraden Weg muß der Fahrer ein Korrektur-Lenkmoment auf das Lenkrad ausüben. Gemäß dem herkömmlichen Servolenksystem steigt das erforderliche Lenkdrehmoment jedoch an, wenn die Seitenbeschleunigung und die Gierrate des Fahrzeugs zunehmen, und demgemäß steigt das Lenkdrehmoment an, das erforderlich ist, um der Abweichung des Fahrzeugs aufgrund von äußeren Störungen entgegenzuwirken, wenn die Seitenbeschleunigung und die Gierrate des Fahrzeugs zunehmen.

Darüber hinaus erfordert das herkömmliche Servolenksystem zu seiner Betätigung ein sehr kleines Lenkdrehmoment, jedoch erhält der Fahrer von dem Lenkrad sehr wenig Rückmeldung bzw. Rückkopplung (feedback) hinsichtlich des Verhaltens des Fahrzeugs. Daher muß sich der Fahrer bei der Bewertung des Fahrzeugzustands auf seinen Blick und sein Körpergefühl für Beschleunigung verlassen, wenn das Fahrzeug äußeren Störungen unterworfen ist. Als Folge hiervon kommt es leicht vor, daß der Fahrer diesen Störungen verzögert und daher übermäßig entgegenwirkt.

Zur Lösung dieser Probleme ist es denkbar, das irreguläre Verhalten des Fahrzeugs aufgrund von äußeren Störungen aus der Gierrate des Fahrzeugs zu erfassen und unter Verwendung eines unterstützenden Motors eine Kraft zu erzeugen, welche dem irregulären Verhalten des Fahrzeugs derart entgegenwirkt, daß das irreguläre Verhalten des Fahrzeugs gesteuert werden kann.

Da das System nicht bestimmen kann, ob die erfaßte Gierrate von einem beabsichtigten Lenkmanöver oder von äußeren Störungen herrührt, erzeugt der Elektro-

motor jedoch gemäß einem derartigen auf der Verwendung eines Elektromotors basierenden Steuersystem ein Lenkdrehmoment, welches die Gierrate zu steuern sucht oder welches das Fahrzeug auf den Geradeaus-Fahrweg zurückzubringen sucht, und dies ungeachtet des Grunds für die Gierbewegung. Als Folge hiervon kann die von dem Elektromotor erzeugte Lenkreaktion übermäßig werden, wenn das Fahrzeug normal um die Kurve fährt. Falls die Steuerparameter derart abgeändert werden, daß die Lenkreaktion zum Zeitpunkt eines normalen Lenkmanövers angemessen ist, kann das Fahrzeug nicht in ausreichendem Maße vor äußeren Störungen geschützt werden.

Es ist daher in der US-Patentanmeldung Nr. 08/122,615 (zum Anmeldezeitpunkt der vorliegenden Anmeldung noch nicht veröffentlicht) vorgeschlagen worden, eine Referenz-Gierrate gemäß dem Lenkwinkel und anderen möglichen Faktoren vorzudefinieren, und das von dem Elektromotor des Servolenksystems zu erzeugende Ist-Lenktdrehmoment gemäß der Abweichung der Ist-Gierrate von der vordefinierten Referenz-Gierrate, die aus der Ist-Lenkeingabe zu erwarten ist, zu bestimmen.

Für einen zufriedenstellenden Betrieb dieses Systems ist es erforderlich, daß das Ansprechen der Referenz-Gierrate des Fahrzeugs das momentane Ansprechen der Gierrate des Fahrzeugs für jede gegebene Lenkeingabe genau wiedergibt. Das momentane Ansprechen der Gierrate des Fahrzeugs kann sich jedoch in Abhängigkeit von Änderungen verschiedener Faktoren, wie dem Reibungskoeffizient der Fahrbahn, dem Zustand und dem Verhalten der Reifen und der Gewichtsverteilung des Fahrzeugs, wesentlich ändern. Wenn beispielsweise der Reibungskoeffizient der Fahrbahn relativ niedrig ist, neigt das Fahrzeug dazu, zu untersteuern, und das vorstehend erwähnte System würde die lenkbaren Räder um einen relativ großen Winkel lenken, um die Untersteuerung-Tendenz des Fahrzeugs auszugleichen. Dies berücksichtigt jedoch die Seitenführungs-kraft der Vorderräder nicht, und der Fahrer kann eine so von ihm nicht erwartete Seitenbeschleunigung spüren. Da dies für den Fahrer unnötigen Stress hervorrufen kann, kann ein Fahrzeug, das ein derartiges Verhalten zeigt, für bestimmte empfindliche Personen nicht annehmbar sein.

Im Hinblick auf diese Probleme des früher vorgeschlagenen Fahrzeug-Lenksteuersystems ist es die hauptsächliche Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Fahrzeug-Lenksteuersystem bereitzustellen, welches die Abweichung des Fahrzeugs von einem beabsichtigten Fahrweg steuern und einen Geradeauskurs beibehalten kann, ohne zu irgendeinem Zeitpunkt ungewöhnliche Eindrücke hervorzurufen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Fahrzeug-Lenksteuersystem bereitzustellen, welches die Abweichung des Fahrzeugs von einem beabsichtigten Fahrweg in optimaler Art und Weise steuern kann, ungeachtet der Fahrbahnzustände und anderer Faktoren, die das Führen des Fahrzeugs beeinflussen können.

Erfnungsgemäß können diese und andere Aufgaben durch Bereitstellen eines Fahrzeug-Lenksteuersystems gelöst werden, welches umfaßt Lenkdrehmoment-Eingabemittel, Servo-Lenksteuermittel zum Ausüben eines ersten Stelldrehmoments auf lenkbare Räder eines Fahrzeugs gemäß einem auf die Lenkdrehmoment-Eingabemittel ausgeübten Lenkdrehmoments, Mittel zum Erfassen eines die Seitendynamik des Fahrzeugs reprä-

BEST AVAILABLE COPY

sentierenden Zustands (lateral dynamic condition), Aktivreaktions-Erzeugungsmittel zum Ausüben eines zweiten Stelldrehmoments auf die lenkbaren Räder, um eine Kurvenfahrbewegung des Fahrzeugs gemäß einem von den Erfassungsmitteln zugeführten Signals zu steuern, wobei das zweite Stelldrehmoment gemäß einer Abweichung eines die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Ist-Zustands (actual lateral dynamic response) von einem Referenzzustand für die Seitendynamik (reference lateral dynamic response) des Fahrzeugs bestimmt ist, welcher Referenzzustand für jede gegebene Lenkeingabe berechnet wird, und Mittel zum Erfassen eines Untersteuerungszustands aus der Abweichung und zum Unterdrücken des zweiten Stelldrehmoments, wenn ein Untersteuerungszustand auf einer stationären Basis erfaßt wird. Der Übersteuerungszustand wird typischerweise durch Messen einer Abweichung des die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Ist-Zustands von dem Referenzzustand für die Seitendynamik und Bestimmen, daß die Abweichung größer als ein bestimmter Schwellenwert ist, erfaßt.

Wenn die Seitenführungskraft der Vorderräder etwas vermindert wird, und ein Untersteuerungszustand auf einer stationären Basis bzw. stationär erzeugt wird, wird somit das zweite Stelldrehmoment unterdrückt, so daß das lenkunterstützende Drehmoment daran gehindert wird, übermäßig zu werden, und eine übermäßige Korrekturaktion durch das Steuersystem zur Verminderung der Abweichung des die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Ist-Zustands von dem Referenzzustand für die Seitendynamik vermieden werden kann. Der Fahrer würde somit keinerlei übermäßige Verminderung in der für die Korrekturlenkaktion erforderlichen Lenkkraft erfahren und kann dadurch das Fahrzeug bequemer führen. Der die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierende Zustand kann eine Gierrate oder/und eine Seitenbeschleunigung des Fahrzeugs umfassen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können die Erfassungsmittel zusätzlich einen Übersteuerungszustand erfassen, wobei das zweite Stelldrehmoment bei Erfassung eines Untersteuerungszustands, dem jedoch ein Übersteuerungszustand unmittelbar vorhergegangen ist, zugelassen wird. Ein derartiger Übergang im Lenkverhalten des Fahrzeugs kann von dem Fahrer absichtlich oder zufällig hervorgerufen werden. Das Unterdrücken des zweiten Stelldrehmoments in einem solchen Zustand kann von dem Fahrer als unerwartete Unstetigkeit des Verhaltens des Fahrzeugs empfunden werden und sollte vermieden werden, um es dem Fahrer zu ermöglichen, das Fahrzeug stabil zu führen.

Die Erfindung wird im folgenden mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben werden:

Fig. 1 zeigt ein schematisches Diagramm, welches allgemein ein erfundungsgemäßes Fahrzeug-Lenksteuersystem darstellt;

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm, das den allgemeinen Aufbau des Fahrzeug-Lenksteuersystems darstellt;

Fig. 3 zeigt ein Flußdiagramm, das den Hauptsteuerfluß des Fahrzeug-Lenksteuersystems darstellt;

Fig. 4 zeigt ein Flußdiagramm, das den Schritt 1 der Fig. 3 detaillierter darstellt;

Fig. 5 zeigt ein Flußdiagramm, das den Schritt 2 der Fig. 3 detaillierter darstellt;

Fig. 6 zeigt ein Flußdiagramm, das den Schritt 3 der Fig. 3 detaillierter darstellt;

Fig. 7 zeigt ein Blockdiagramm, das die Aktivlenkre-

aktion-Berechnungseinheit 23 der Fig. 2 detaillierter darstellt;

Fig. 8 zeigt Graphen, welche die Abhängigkeit der Gewichtungsfunktionen f1—f3 von der Fahrzeuggeschwindigkeit V darstellen; und

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm, das den Betrieb des Fahrzeug-Lenksteuersystems bei Erfassung von Untersteuerungs- und Übersteuerungs-Tendenzen darstellt.

Fig. 1 zeigt den allgemeinen Aufbau des erfundungsgemäßes Fahrzeuglenksystems. Diese Vorrichtung umfaßt eine Handlenkkraft-Erzeugungseinheit 1 und eine Servolenkkraft-Erzeugungseinheit 2, die von einem Elektromotor angetrieben ist. Eine Lenkwelle 4, welche integral mit einem Lenkrad 3 verbunden ist, ist an ihrem unteren Ende über ein Universalgelenk 5 mit einem Ritzel 6 eines Zahnstangen-Ritzel-Mechanismus verbunden. Der Zahnstangen-Ritzel-Mechanismus umfaßt ferner eine Zahnstange 7, die sich in Querrichtung bzw. Seitenrichtung der Fahrzeugkarosserie bewegen kann und mit dem Ritzel 6 kämmt. Die beiden Enden der Zahnstange 7 sind jeweils über Zugstangen 8 mit den Lenkerhebeln der rechten und linken Vorderräder 9 verbunden. Soweit ist der Aufbau herkömmlich, und kann auf Grundlage der Verwendung des Zahnstangen-Ritzel-Mechanismus die normale Lenkwirkung erhalten werden.

Die Zahnstange 7 ist koaxial durch einen Elektromotor 10 geführt. Insbesondere ist die Zahnstange 7 durch einen hohlen Rotor geführt, der ein mit einem angetriebenen Schrägzahnrad 13 kämmendes Antriebsschrägzahnrad 11 umfaßt. Das angetriebene Schrägzahnrad 13 ist an einem axialen Ende einer Schraubwelle 12 eines Kugelumlaufmechanismus angebracht, der parallel zur Zahnstange 7 verläuft. Eine Mutter 12 des Kugelumlaufmechanismus ist fest an der Zahnstange 7 gesichert.

Die Lenkwelle 4 ist mit einem Lenkwinkel-Sensor 15 zum Erzeugen eines Signals, das dem Drehwinkel des Lenkrads 3 entspricht, versehen sowie mit einem Drehmoment-Sensor 16 zum Erzeugen eines Signals, das einem auf die Lenkwelle 4 ausgeübten Lenkdrehmoment entspricht.

Die Fahrzeugkarosserie trägt einen Quer- bzw. Seitenbeschleunigungs-Sensor 17 zum Erzeugen eines Signals, das der auf die Fahrzeugkarosserie ausgeübten Seitenbeschleunigung entspricht, einen Gierraten-Sensor 18 zum Erzeugen eines Signals, das der Gierrate (Winkelgeschwindigkeit der Gierbewegung) der Fahrzeugkarosserie entspricht, und einen Fahrzeuggeschwindigkeits-Sensor 19 zum Erzeugen eines Signals, das der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs entspricht.

In dieser Ausführungsform sind das Lenkrad 3 und die lenkbaren Räder bzw. Vorderräder 9 mechanisch miteinander verbunden, und ein durch Verarbeitung der Ausgangssignale der verschiedenen Sensoren 15 bis 19 erhaltenes Steuersignal wird dem Elektromotor 10 über eine Steuereinheit 20 und eine Antriebsschaltung 21 zugeführt, so daß das Ausgangsdrehmoment des Elektromotors 10 wie gefordert gesteuert werden kann.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockdiagramm des Steuersystems, auf welches die vorliegende Erfindung angewendet wird. Die Steuereinheit 20 empfängt die Ausgangssignale des Lenkwinkel-Sensors 15, des Lenkdrehmoment-Sensors 16, des Seitenbeschleunigungs-Sensors 17, des Gierraten-Sensors 18 und des Fahrzeuggeschwindigkeits-Sensors 19. Diese Ausgangssignale werden einer Elektroservo-Lenksteuereinheit 22 und einer Aktivlenkreaktion-Berechnungseinheit 23 zugeführt, und die Ausgangssignale dieser Einheiten werden

einer Ausgangstrom-Bestimmungseinheit 24 Zugeführt, so daß der Sollwert des elektrischen Stroms für den Elektromotor 10 bestimmt werden kann.

Die Elektroservo-Lenksteuereinheit 22 führt die Steuerung zur normalen Servounterstützung der Lenkkraft oder des Stelldrehmoments für die lenkbaren Vorderräder 9 durch. Diese Steuereinheit 22 kann in der Lage sein, das Sollstelldrehmoment gemäß der Seitenbeschleunigung und der Gierrate zu bestimmen.

Die Aktivlenkreaktion-Berechnungseinheit 23 berechnet das Sollstelldrehmoment gemäß einem Algorithmus, der nachfolgend beschrieben wird. Die Ausgangstrom-Bestimmungseinheit 24 bestimmt das Sollantriebsstrom-Signal, welches der Abweichung des von dem Drehmoment-Sensor 16 aufgenommenen Ist-Lenkdrhommoments von dem Sollwert des Lenkdrehmoments proportional ist oder in anderer Weise entspricht. Das Sollantriebsstrom-Signal weist jedoch ein Vorzeichen auf, das jenem der Abweichung entgegengesetzt ist.

Der so erhaltene Sollwert des Antriebsstroms wird der Antriebsschaltung 21 zugeführt. Diese Antriebsschaltung 21 steuert den Elektromotor 10 beispielsweise durch PBM-Steuerung, und ein von einem Stromerfassungs-Sensor erhaltener erfaßter Ist-Stromwert wird zum Eingangssignal zur Antriebsschaltung 21 oder zum Sollwert des Antriebsstroms rückgekoppelt.

In der Aktivlenkreaktion-Berechnungseinheit 23 in der Steuereinheit 20 wird der durch das Flußdiagramm der Fig. 3 dargestellte Prozeß zyklisch zu vorgeschriebenen Zeitdauern bzw. in vorgeschriebenen Zeitabständen ausgeführt. Zunächst werden in Schritt S1 die Ausgangssignale der verschiedenen Sensoren eingelesen, und die Lenkwinkelgeschwindigkeit und die Gierbeschleunigung berechnet. In Schritt S2 wird die Lenkreaktion TA bestimmt. In Schritt S3 wird der Soll-Lenkreaktion eine Grenze auferlegt, und dieses Steuersignal wird in Schritt S4 zum Ausgangssignal der Elektroservo-Lenksteuereinheit 22 addiert.

Dieser Steuerprozeß wird mit Bezug auf die Fig. 4 bis 7 detaillierter beschrieben werden. Mit Bezug auf Fig. 4 umfaßt der Schritt S1 die folgenden Unterschritte. Zunächst wird ein Lenkwinkel  $\theta$  eingelesen (Schritt S21), und die Lenkwinkelgeschwindigkeit  $d\theta/dt$  wird durch Differenzieren des Lenkwinkels  $\theta$  berechnet (Schritt S22). Dann wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  eingelesen (Schritt S23), und die Referenz-Gierrate  $\delta_0$  wird gemäß einer vorbestimmten Transferfunktion des Fahrzeugs berechnet (Schritt S24). Die Ist-Gierrate  $\delta$  wird eingelesen (Schritt S25), und die Abweichung  $\delta - \delta_0$  der Ist-Gierrate von der Referenz-Gierrate wird berechnet (Schritt S26).

Mit Bezug auf Fig. 5 umfaßt der Schritt S2 die folgenden Unterschritte. Koeffizienten  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  sind Gewichtungsfunktionen für die Lenkgeschwindigkeit  $d\theta/dt$ , die Gierratenabweichung  $\delta - \delta_0$  und die Ist-Gierrate  $\delta$ , und diese Koeffizienten werden aus Datentabellen, wie sie in Fig. 8 dargestellt sind, unter Verwendung der Fahrzeuggeschwindigkeit als Adresse erhalten (Schritt S31). Die Lenkreaktionskomponenten  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$  werden aus diesen Variablen und den entsprechenden Koeffizienten berechnet (Schritt S32), und die Soll-Lenkreaktion TA wird durch Aufaddieren dieser Komponenten berechnet (Schritt S33). Es wird die Randbedingung  $T_2 > T_3$  auferlegt. Jeder der Koeffizienten besteht aus einer allgemein linearen Funktion, die mit der Geschwindigkeit zunehmend ansteigt, jedoch bei einer bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeit sättigt. So-

mit wird das Gewicht jedes dieser Koeffizienten erhöht, um die Einflüsse äußerer Störungen, die die Geschwindigkeit zu erhöhen suchen, besser zu steuern.

Der Schritt S3 wird durchgeführt, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist. Dieser Prozeß entspricht der Wirkung des Begrenzers L in Fig. 7. Zunächst wird bestimmt, ob die Soll-Lenkreaktion TA einen vorbestimmten Wert  $T_{max}$  überschritten hat (Schritt S41). Ist dies der Fall, wird die Soll-Lenkreaktion TA auf den vorgeschriebenen Maximalwert  $T_{max}$  gesetzt (Schritt S42). Falls die Soll-Lenkreaktion TA kleiner ist als dieser vorgeschriebene Wert  $T_{max}$ , wird in ähnlicher Weise bestimmt, ob die Soll-Lenkreaktion TA unter einen weiteren vorgeschriebenen Wert  $-T_{max}$  gefallen ist (Schritt S43). Falls die Soll-Lenkreaktion TA kleiner als dieser vorgeschriebene Wert  $-T_{max}$  ist, wird die Soll-Lenkreaktion TA auf den vorgeschriebenen minimalen Wert  $-T_{max}$  gesetzt (Schritt S44).

Die so bestimmte Soll-Lenkreaktion TA wird zum unterstützenden Soll-Stelldrehmoment addiert und die Summe wird von der Ausgangstrom-Bestimmungseinheit 24 in einen Sollwert des der Antriebsschaltung 21 zuzuführenden elektrischen Stroms umgewandelt.

Wenn das Fahrzeug aufgrund von Seitenwind von dem beabsichtigten geraden Weg abweicht, wird somit die Abweichung  $\delta - \delta_0$  zwischen der Ist-Gierrate  $\delta$  und der Referenz-Gierrate  $\delta_0$  erfaßt, und der Elektromotor 10 wird derart aktiviert, daß die Abweichung selbst dann eliminiert werden kann, wenn der Fahrer nicht absichtlich Kräfte auf das Lenkrad 3 ausübt, oder daß die Abweichung des Fahrzeugs vom geraden Weg ausgeschlossen werden kann und das Fahrzeug auf den geraden Weg zurückgebracht werden kann.

Selbst wenn das Fahrzeug aufgrund von Seitenwind oder anderer Störungen einer Gierrate  $\delta$  unterworfen ist, und der Fahrer keinerlei Lenkkraft auf das Lenkrad ausübt, werden die Vorderräder 9 somit automatisch derart gelenkt, daß das Fahrzeug wieder auf den geraden Weg zurückgeführt wird, ohne daß hiermit irgend ein irreguläres Verhalten des Fahrzeugs einhergeinge. Selbst wenn der Fahrer das Lenkrad 3 festhält, kann das gleiche Ergebnis erzielt werden, wenn er nur der Bewegung des Lenkrads 3 folgt.

Wenn das Fahrzeug um die Kurve fährt, ohne daß hierbei äußere Störungen auftreten, wird eine gewisse Gierrate erzeugt, jedoch ist die Abweichung  $\delta - \delta_0$  zwischen der Ist-Gierrate  $\delta$  und der Referenz-Gierrate  $\delta_0$  so klein und der Beitrag der Abweichung zur Lenkreaktion daher so gering, daß der Fahrer das Kurvenfahrmanöver vollenden kann, ohne auf eine übermäßige Lenkreaktion zu treffen.

Wenn das Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit relativ niedrigem Reibungskoeffizienten fährt, neigt das Fahrzeug dazu, zu untersteuern. Daher fällt die Ist-Gierrate  $\delta$  unter die Referenz-Gierrate  $\delta_0$  ab. In dieser Situation betreibt das Fahrzeug-Lenksteuersystem den Elektromotor derart, daß der Lenkwinkel erhöht wird, jedoch berücksichtigt dieser Lenkvorgang nicht die Grenze der Seitenführungskraft der Vorderräder, und der Fahrer kann das, was eine übermäßige Korrekturlenkaktion zu sein scheint, als unbehaglich empfinden. In dieser Situation ist es eher vorzuziehen, eine solche Untersteuerungstendenz im Hinblick auf die Stabilität des Fahrzeugs zu tolerieren.

Wenn das System durch Vergleich der Ist-Gierrate  $\delta$  mit der Referenz-Gierrate  $\delta_0$  bestimmt, daß das Fahrzeug entweder eine Untersteuerungstendenz ( $\delta < \delta_0$ ) oder eine Übersteuerungstendenz ( $\delta > \delta_0$ ) zeigt, und

BEST AVAILABLE COPY

diese Tendenz mehr oder weniger stationär angedauert hat, so wird erfahrungsgemäß die Lenkreaktionskomponente  $T_2$ , die der Abweichung  $\delta - \delta_0$  zwischen der Ist-Gierrate  $\delta$  und der Referenz-Gierrate  $\delta_0$  zugewiesen ist, auf Null unterdrückt. Falls der Übergang von einer Übersteuerungstendenz zu einer Untersteuerungstendenz durch ein ungeeignetes Lenkmanöver hervorgerufen wird, welches mit extremer Beschleunigung und/oder Verzögerung durch den Fahrer einhergeht, würde das Unterdrücken des Beitrags der vorstehend erwähnten Lenkreaktionskomponente  $T_2$  dem Fahrer ein unerwünschtes Unstetigkeitsgefühl verleihen und wäre so für das Führen des Fahrzeugs nicht günstig. In dieser Situation wird daher die Lenkreaktionskomponente  $T_2$  beibehalten. Dieser Steuerprozeß ist in Fig. 9 dargestellt.

Mit Bezug auf Fig. 9 wird durch Vergleich der Ist-Gierrate  $\delta$  mit der Referenz-Gierrate  $\delta_0$  bestimmt, ob eine Übersteuerungstendenz vorliegt (Schritt S51). Wenn keine Übersteuerungstendenz erfaßt wird, wird bestimmt, ob dieser Nicht-Übersteuerungszustand länger als eine vorbestimmte Zeitdauer  $t_2$  angehalten hat (Schritt S52). Wenn er länger als die vorbestimmte Zeitdauer  $t_2$  angehalten hat, so wird das Flag zum Anzeigen eines Übersteuerungszustands auf "0" gesetzt (Schritt S53). Falls der Nicht-Übersteuerungszustand noch nicht für die vorbestimmte Zeitdauer  $t_2$  angedauert hat, wird das Flag in dem nächsten Schritt überprüft (Schritt S54). Falls das Flag nicht den Wert "1" aufweist oder zuvor ein Übersteuerungszustand nicht erfaßt worden ist, wird bestimmt, ob momentan ein Untersteuerungszustand vorliegt (Schritt S55). Falls momentan kein Untersteuerungszustand vorliegt, kehrt der Programmablauf zu Schritt S51 zurück. Andernfalls wird die Reaktionskomponente  $T_2$  auf Null gesetzt (Schritt S56). Falls in Schritt S51 die Beendigung eines Übersteuerungszustands erfaßt wird, und in Schritt S54 erfaßt wird, daß das Übersteuerungsflag den Wert "1" aufweist, wird die Reaktionskomponente  $T_2$  zugelassen, so daß  $T_2 = f_2$  ( $\delta - \delta_0$ ) gilt. Mit anderen Worten wird die Reaktionskomponente  $T_2$  unterdrückt, wenn ein Untersteuerungszustand ohne jegliches zwischenzeitliches Auftreten eines Übersteuerungszustands für eine gewisse Zeit vorhanden gewesen ist, und sie wird zugelassen ( $T_2 = f_2$  ( $\delta - \delta_0$ )), falls dem momentanen Untersteuerungs- oder neutralen Lenzkzustand ein Übersteuerungszustand unmittelbar vorhergegangen ist. Falls in Schritt S51 ein Übersteuerungszustand erfaßt wird, wird bestimmt, ob seit dem Beginn des Übersteuerungszustands eine Zeitdauer  $t_1$  abgelaufen ist (Schritt S56). Falls die Zeitdauer  $t_1$  abgelaufen ist, wird das Übersteuerungsflag auf den Wert "1" gesetzt (Schritt S57), und die Reaktionskomponente  $T_2 = f_2$  ( $\delta - \delta_0$ ) wird zugelassen (Schritt S58). Auch wenn die Zeitdauer  $t_1$  noch nicht abgelaufen ist, wird die Reaktionskomponente  $T_2 = f_2$  ( $\delta - \delta_0$ ) zugelassen (Schritt S58). Mit anderen Worten, falls ein Übersteuerungszustand vorliegt, wird die Reaktionskomponente  $T_2 = f_2$  ( $\delta - \delta_0$ ) unbedingt auf das Lenkdrehmoment ausgeübt.

Die Erfassung der Übersteuerungs- und Untersteuerungszustände kann auch durch Setzen eines Untersteuerungs-Schwellenwerts und eines Übersteuerungs-Schwellenwerts für die Gierratenabweichung und Vergleichen der Gierratenabweichung mit diesen Schwellenwerten durchgeführt werden.

Wenn aufgrund von Seitenwind, der während eines Kurvenfahrmanövers auf die Fahrzeugkarosserie einwirkt, oder aufgrund einer Änderung des Reibungskoeffizienten der Fahrbahn ein Untersteuerungsverhalten erzeugt wird, wird somit die Kompressionslenkreaktion durch das Fahrzeug-Lenksteuersystem unterdrückt, wodurch das Fahrzeug keiner übermäßigen Korrekturreaktion des Lenksteuersystems unterworfen ist, und der Fahrer keiner unerwünschten Reaktion des Fahrzeugs ausgesetzt ist. Wenn ein Übersteuerungszustand des Fahrzeugs durch ein ungeeignetes Lenkmanöver, das mit einer extremen Beschleunigung und/oder Verzögerung durch den Fahrer einhergeht, in einen Untersteuerungszustand übergeführt wird, wird das irreguläre Verhalten des Fahrzeugs durch die Ausübung einer gesteuerten Lenkreaktion durch das Lenksteuersystem gesteuert. Auf diese Art und Weise erzielt die Erfindung selbst im Fall äußerer Störungen, wie Seitenwind und Änderungen des Fahrbahnzustands, eine günstige Steuerung des die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zustands, ohne irgendwelche ungewöhnlichen Eindrücke für den Fahrer hervorzurufen.

Obgleich die Erfindung an einer bestimmten Ausführungsform beschrieben worden ist, ist es möglich, Details dieser Erfindung zu modifizieren und abzuändern, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

In einem Fahrzeug-Lenksteuersystem wird auf lenkbare Räder ein Stelldrehmoment gemäß einem Lenkdrehmoment ausgeübt, welches in herkömmlicher Art und Weise auf ein Lenkrad ausgeübt wird, und ein zusätzliches Stelldrehmoment wird auf das Lenkrad durch einen Elektromotor gemäß den die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zuständen des Fahrzeugs ausgeübt, um die Seitenstabilität des Fahrzeugs selbst bei Vorhandensein äußerer Störungen, wie Seitenwind, zu steuern. Derartige äußere Störungen werden als die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierender Zustand des Fahrzeugs, beispielsweise als die Gierrate des Fahrzeugs, erfaßt und das Lenksteuersystem erzeugt eine Lenkreaktion, die einem derartigen, die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zustand durch Ausüben des zusätzlichen Stelldrehmoments auf die lenkbaren Räder entgegenwirkt, so daß das Fahrzeug trotz dieser äußeren Störungen einen geraden Kurs beibehalten kann, ohne eine absichtliche Krafteinwirkung durch den Fahrer zu erfordern. Insbesondere kann das Führen des Fahrzeugs durch Unterdrücken des zusätzlichen Stelldrehmoments in einem Untersteuerungszustand verbessert werden.

#### Patentansprüche

1. Fahrzeug-Lenksteuersystem, umfassend:

- Lenkdrehmoment-Eingabemittel (3);
- Servo-Lenksteuermittel (22) zum Ausüben eines ersten Stelldrehmoments auf lenkbare Räder (9) eines Fahrzeugs gemäß einem auf die Lenkdrehmoment-Eingabemittel (3) ausgeübten Lenkdrehmoments;
- Mittel (17; 18) zum Erfassen eines die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Zustands;
- Aktivreaktions-Erzeugungsmittel (23) zum Ausüben eines zweiten Stelldrehmoments auf die lenkbaren Räder (9), um eine Kurvenfahrbewegung des Fahrzeugs gemäß einem von den Erfassungsmitteln (17; 18) zugeführten Signals zu steuern, wobei das zweite Stelldrehmoment gemäß einer Abweichung ( $\delta - \delta_0$ ) eines die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentie-

RENT AVAILABLE COPY

renden Ist-Zustands ( $\delta$ ) von einem Referenzzustand ( $\delta_0$ ) für die Seitendynamik des Fahrzeugs bestimmt ist, welcher Referenzzustand für jede gegebene Lenkeingabe ( $\theta$ ) berechnet wird; und

— Mittel zum Erfassen eines Untersteuerungszustands aus der Abweichung ( $\delta-\delta_0$ ) und zum Unterdrücken des zweiten Stelldrehmoments, wenn ein Untersteuerungszustand auf einer stationären Basis erfaßt wird.

2. Fahrzeug-Lenksteuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsmittel (17; 18) ferner in der Lage sind, einen Übersteuerungszustand zu erfassen, und das zweite Stelldrehmoment zulassen, falls ein Untersteuerungszustand erfaßt wird, diesem aber ein Übersteuerungszustand unmittelbar vorhergegangen ist.

3. Fahrzeug-Lenksteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsmittel (17; 18) einen Übersteuerungszustand erfassen durch Messen einer Abweichung ( $\delta-\delta_0$ ) des die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Ist-Zustands von dem Referenzzustand für die Seitendynamik und durch Bestimmen, daß die Abweichung größer als ein bestimmter Schwellenwert ist.

4. Fahrzeug-Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß der die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierende Zustand eine Gierrate ( $\delta$ ) des Fahrzeugs umfaßt.

5. Fahrzeug-Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß der die Seitendynamik des Fahrzeugs repräsentierende Zustand eine Seitenbeschleunigung des Fahrzeugs umfaßt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

**- Leerseite -**

**BEST AVAILABLE COPY**

Fig. 1

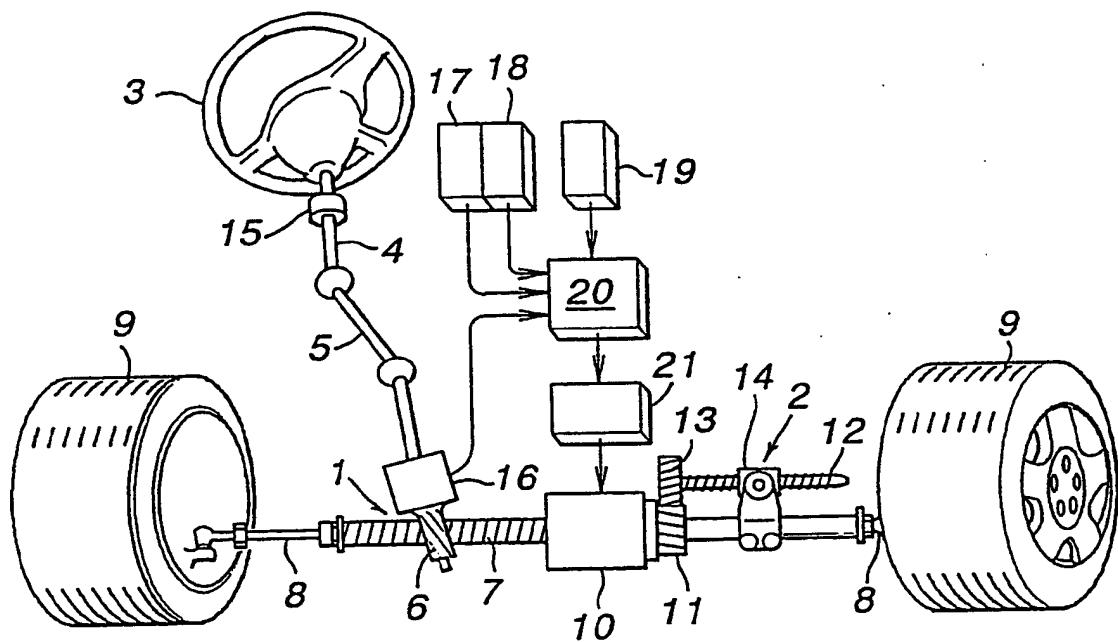
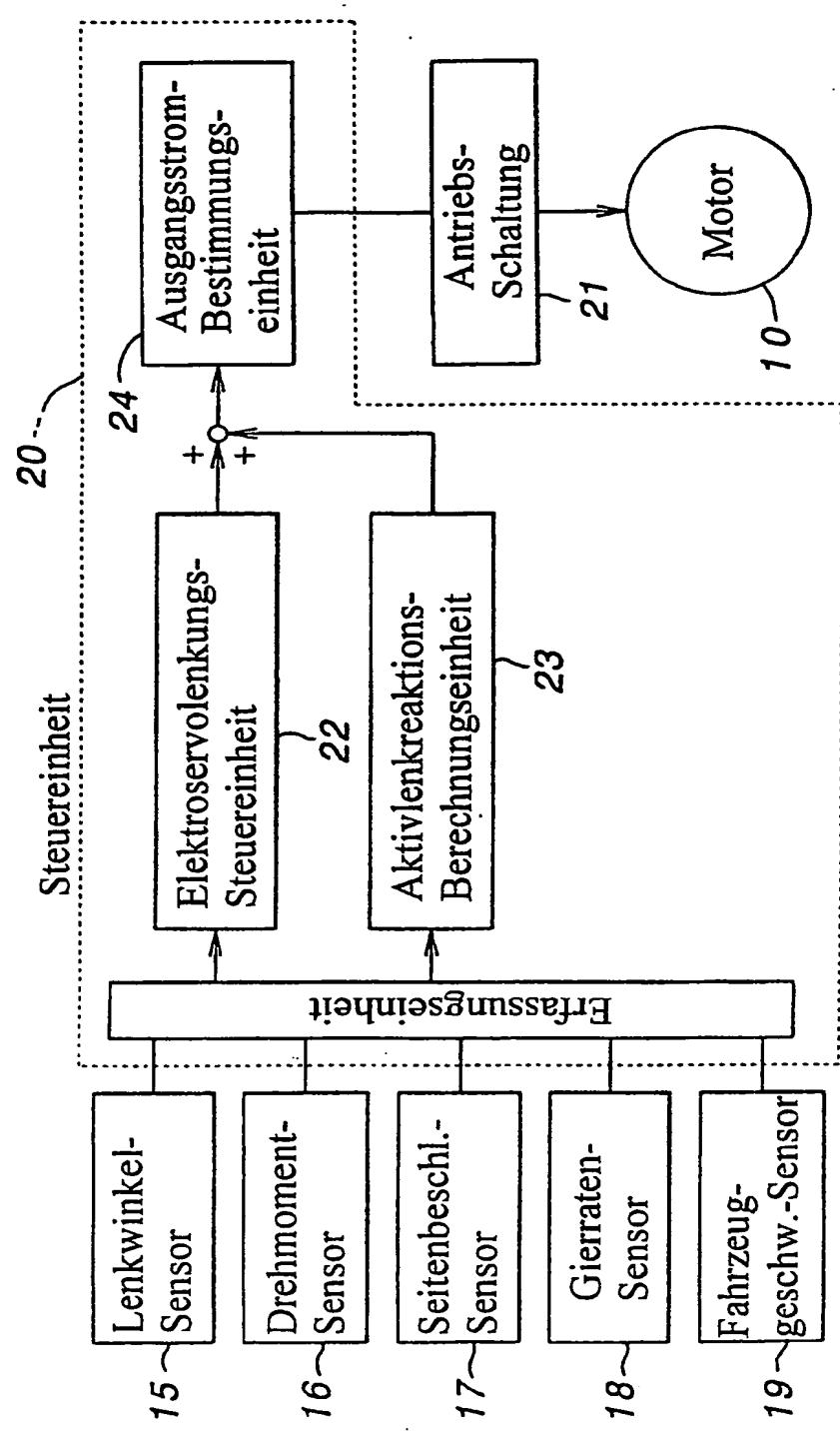
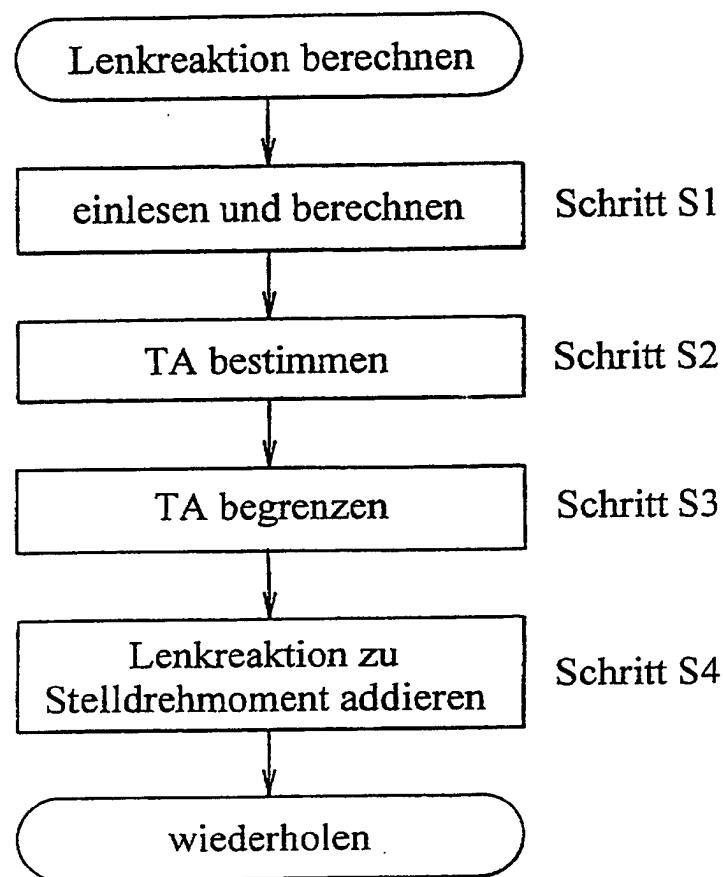
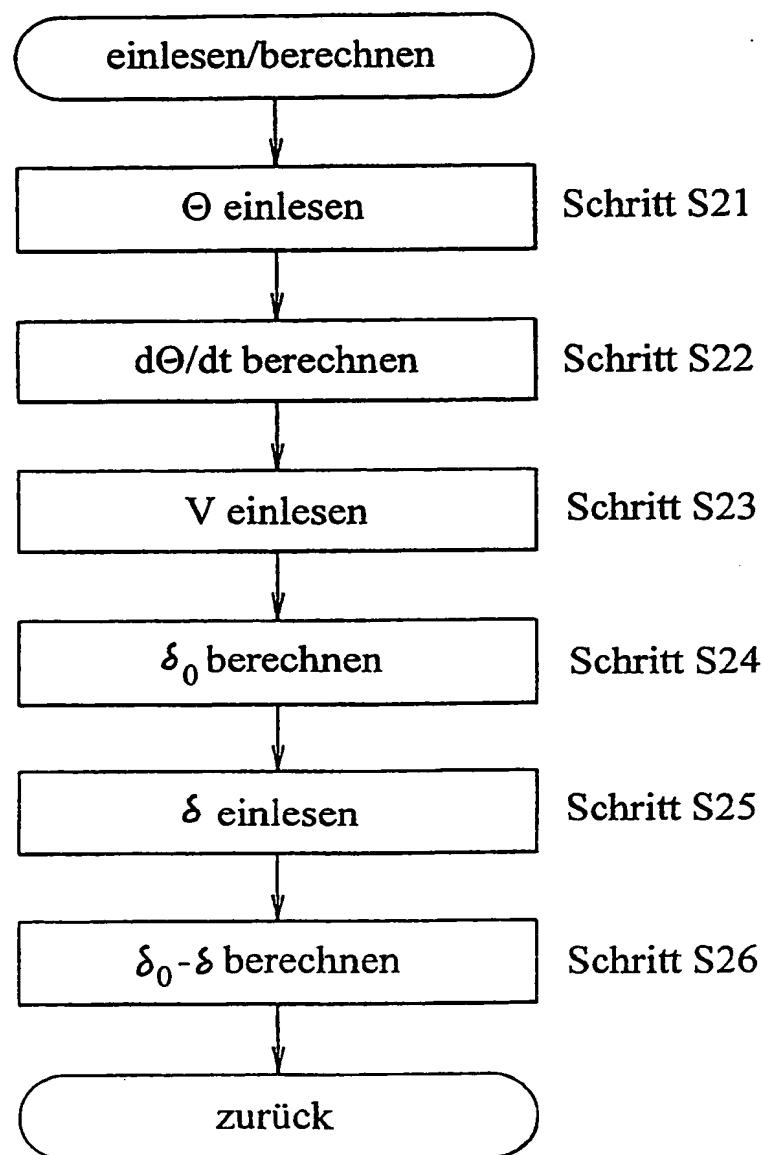


Fig. 2



*Fig. 3*

***F i g . 4***

## Fig. 5

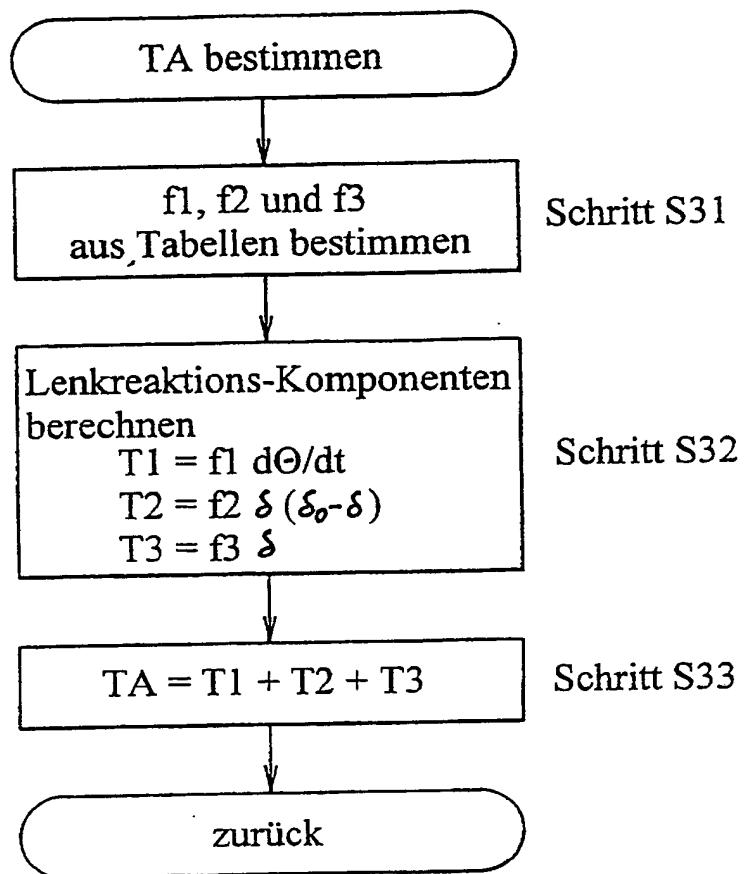


Fig. 6

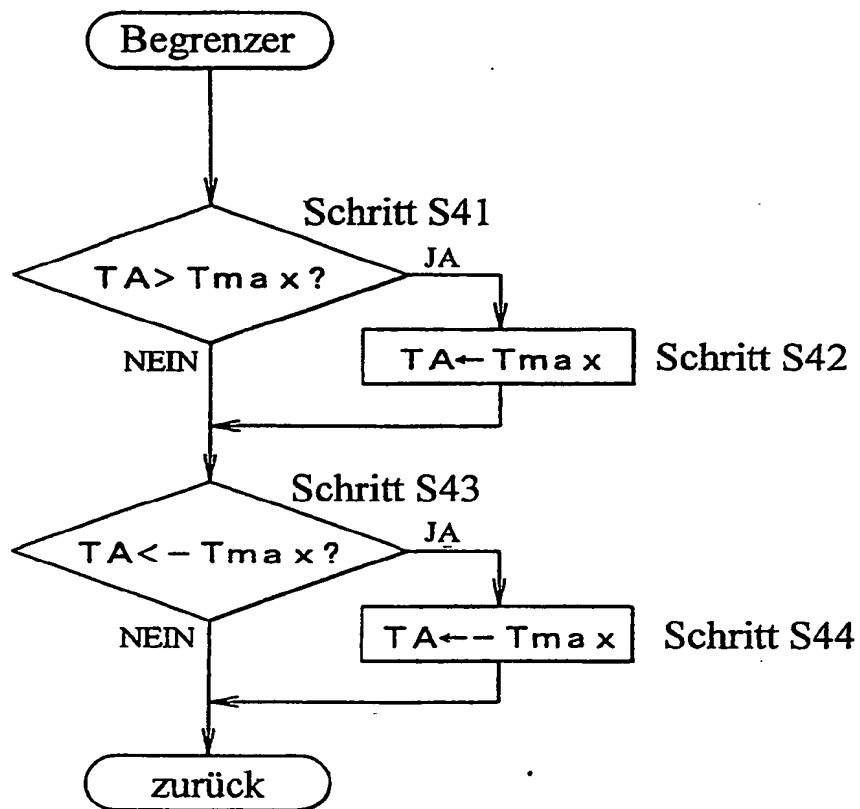


Fig. 7

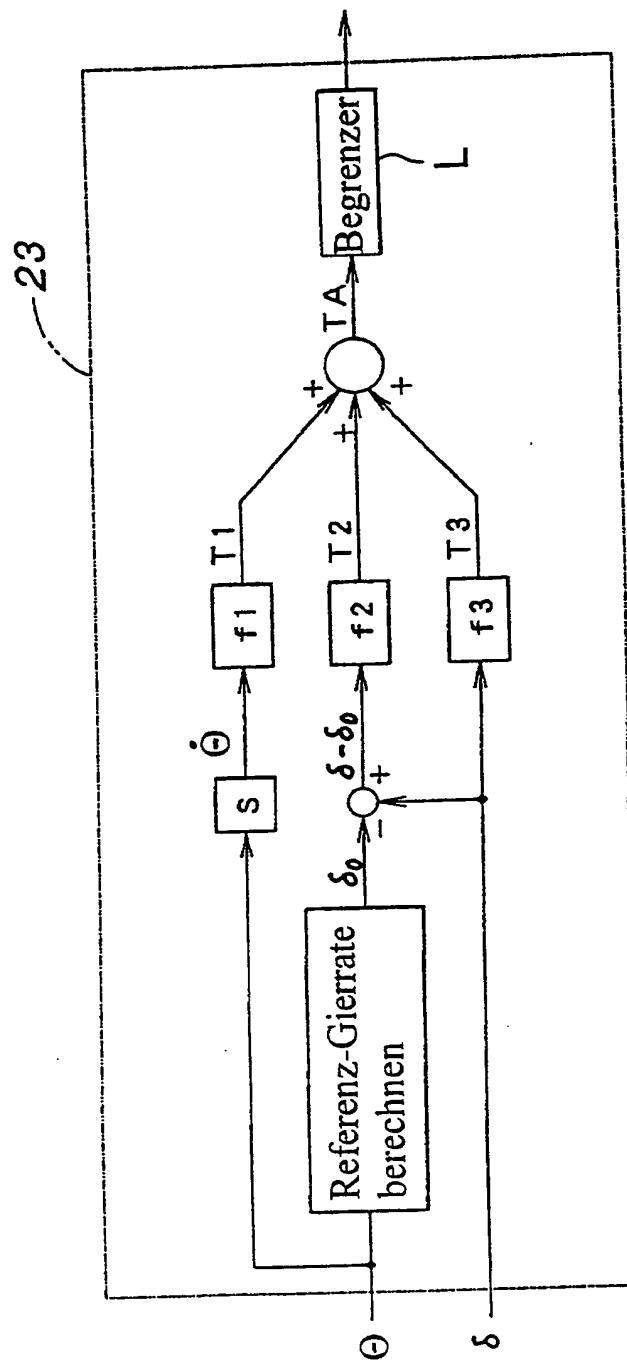
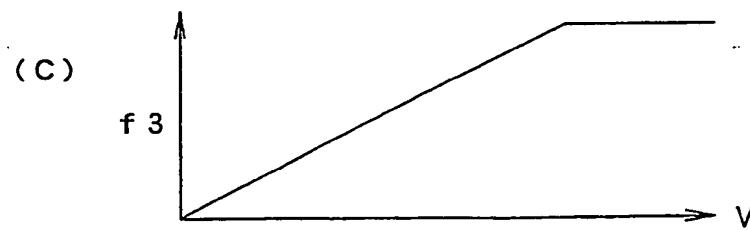
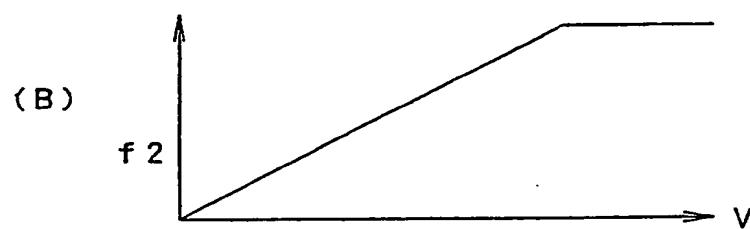
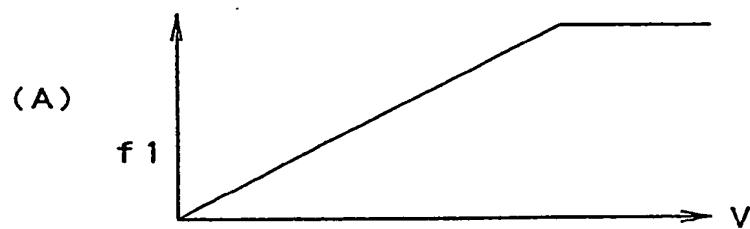


Fig. 8



## Fig. 9

